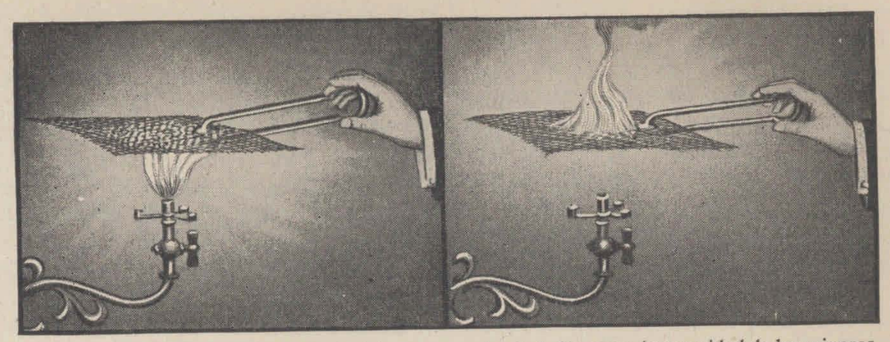


Este grabado pone de manifiesto el principio en que se funda la lámpara de seguridad de los mineros. Si se sostiene una tela metálica encima de un mechero de gas y se enciende el gas por debajo de la tela, el flúido que ha atravesado esa tela y se encuentra al otro lado, no se inflama. Si se enciende el gas por encima de la tela no se inflamará por debajo de la misma.

# CÓMO SE PROPAGA EL CALOR

SABEMOS cómo se transmite el calor mediante lo que se llama convección y conducción; ahora vamos a ver de qué modo fueron aplicados los principios expuestos a la construcción del aparato conocido con el nombre de lámpara de seguridad, o de los mineros. Esta lámpara fué inventada, hace cosa de un siglo, por el célebre Sir Humphry Davy y está fundada en el hecho de que los metales son buenos conductores del calor.

Si tomamos un pedazo de tela metálica y la aplicamos a la llama de un mechero de gas, obtendremos resultados muy curiosos. Podemos, por ejemplo, empujar esa llama en cualquiera dirección, y, si sostenemos la tela a corta distancia del mechero, antes de encender el gas, es posible hacerlo arder al otro lado de dicha tela, sin que la atraviese ni se propague al espacio que queda entre el mechero y la tela metálica.

Ahora bien, el hecho de que no se extienda la llama proviene de que el gas únicamente arderá si está bastante caliente, y como la tela metálica es muy buena conductora, absorbe todo el calor producido por la combustión del gas, esparciéndolo por su propia materia, de manera que el gas que ha quedado al otro lado, no se calienta suficientemente para poder inflamarse. Este principio, aplicado a la lámpara de los mineros, ha salvado innumerables vidas. El aparato de Davy consiste sencillamente en una lámpara de aceite, cuya llama, en vez de arder dentro de un tubo de vidrio, está rodeada de un cilindro de tela metálica. Si el aire de la mina contiene gas de hulla, este gas atravesará la tela y arderá en el interior del cilindro al ser calentado por la llama; pero la llama del gas de hulla no podrá propagarse a la parte de afuera, porque la tela metálica conduce tan rápidamente el calor producido que el gas que hay en el exterior no puede llegar a arder. Por supuesto, que cuando el minero observa que el gas está ardiendo en el interior de la lámpara se da cuenta de que hay peligro y puede tomar las debidas precauciones.

A pesar del empleo de la lámpara de seguridad, subsisten siempre ciertos riesgos, pues es cosa sabida que el hombre, en general, se acostumbra al peligro y acaba por despreciarlo, hasta el punto de que suelen cometerse imprudencias. Se da el caso de que se hienda o se rompa la tela, sin que el minero cuide de sustituirla; o que la lámpara se le apague y se valga de un fósforo para volver a encenderla.

Además, no todas las explosiones que ocurren en las minas de carbón son debidas al gas de hulla; muchas de ellas tienen por origen la presencia del polvo de carbón. Por todos estos motivos, es

preciso emplear algo que sea más eficaz que la lámpara de seguridad. Muchas minas están actualmente alumbradas por la electricidad; y todas deberían estarlo. Esto, claro es, no implica que dejemos de rendir tributo al grande hombre, cuyo sencillo invento ha ahorrado durante muchos años tantas vidas humanas. Conviene que volvamos a tratar ahora de aquella otra clase de calor llamado *calor radiante*; y debemos hacerlo así, porque estamos estudiando los distintos modos de transmisión del calor, y, por tanto, es preciso mencionar la *radiación* además de la convección y conducción, ya que éstas son las tres formas en que se propaga el calor. Si un cuerpo está bastante caliente, no sólo comunica calor al aire que lo rodea, por medio de la conducción, sino que despide radiaciones caloríficas, como el sol o el hierro candente, y al hacerlo pierde su calor propio, puesto que en los fenómenos naturales no hay cosa alguna que salga de la nada.

Sabemos que el calor de radiación consiste en ondulaciones del éter. Las leyes que lo rigen son sencillas. En primer lugar, se propaga en línea recta, como la otra radiación parecida que llamamos luz; en segundo lugar, las radiaciones caloríficas, lo mismo que las luminosas, pueden reflejarse en una superficie, según leyes idénticas a las de la reflexión de la luz; por último, como dicha luz, sufren una refracción, es decir, son desviadas, cuando pasan del aire al agua, o sea, de un medio ambiente a otro.

### LAS LEYES DEL CALOR DE RADIACIÓN, QUE SON IDÉNTICAS A LAS DE LA LUZ

Sabiendo, como sabemos, que entre las radiaciones caloríficas y las radiaciones lumínicas hay la misma diferencia que entre las notas de una octava de un piano y las de la octava siguiente, no nos habrá de parecer extraño que las leyes del calor de radiación sean las mismas que las de la luz.

La intensidad de las radiaciones caloríficas, al igual que la de la luz, del sonido, de la gravitación o de las fuerzas magnéticas, en un punto determinado, varía de un modo definido según la distancia de este punto al foco de calor, de luz, de sonido o de otra forma cualquiera de la energía. Un cuerpo caliente, luminoso o sonoro lo será cuatro veces menos, si esa distancia se dobla, nueve veces menos si se triplica, y cuarenta y nueve veces menos si se septuplica.

Estos datos son sencillamente ejemplos; y podemos observar que 4 es 2 veces 2; 16 es 4 veces 4; y 49 es 7 veces 7. Ahora bien; cuando un número se multiplica por sí mismo, el resultado se llama cuadrado de dicho número. De manera que según esa ley, al aumentar la distancia, la intensidad no decrece en proporción a dicha distancia, sino a su cuadrado. Trasladando el objeto caliente a una distancia siete veces mayor, su potencia no será la séptima, sino la cuadragésimonona parte de lo que era antes. Esto no nace de que se haya perdido cosa alguna, sino sencillamente de que la acción ejercida por el foco se reparte mucho más a medida que aumenta la distancia; y como la superficie, sobre la cual se reparte, es la misma en todos los casos, se explica perfectamente que la ley sea aplicable por igual al calor, o a la luz, al sonido a la gravitación o a otra cosa análoga.

### UNA IMPORTANTE LEY QUE RIGE LA TRANSMISIÓN DEL CALOR

La ley, a que nos referimos, se formula diciendo: la intensidad varía en razón inversa del cuadrado de la distancia. La palabra «inversa» viene a significar que cuanto mayor es la distancia, menor es la intensidad. Si esta última aumentase a medida que crece aquélla, diríamos que varían directamente, o están en razón directa, en lugar de estar o variar en razón inversa.

Sabemos muy bien que la luz traspasa ciertas cosas, que llamamos transparentes, como el vidrio, siendo de suponer que, así como hay substancias más o menos transparentes en lo que se refiere a los rayos luminosos, las hay más o menos transparentes en lo relativo a las radiaciones caloríficas. No

importa el nombre especial que se dé a esta propiedad; podemos llamarla transparencia para el calor, bastando por ahora con que tengamos presente que un cuerpo puede ser transparente para la luz sin serlo para el calor, o, por el contrario, ser transparente para el calor sin serlo para la luz. El agua, por ejemplo, deja pasar la luz del sol, pero intercepta completamente el calor de la radiación, (que en realidad forma parte de dicha luz), del mismo modo que una cortina negra y espesa interceptará los rayos luminosos.

### LO QUE OCURRE CUANDO EL CALOR DE RADIACIÓN NO PUEDE ATRAVESAR UNA SUBSTANCIA

Por otra parte existen ciertos flúidos que son por completo transparentes para las radiaciones caloríficas. Por supuesto, que nunca se pierde nada, y el que el agua sea opaca en lo tocante al calor de radiación no significa que este calor se pierda. Lo que sucede es que el agua se calienta. Si un flúido posee la facultad de ser transparente para el calor de radiación, no se calentará, aunque esté expuesto al ardor de los rayos solares más intensos, en proporción, por lo menos, a su grado de trasparencia. Las distintas substancias varían considerablemente en lo tocante e este particular. Así como algunas de ellas interceptan y absorben las radiaciones caloríficas, mientras otras las dejan pasar, las hay que despiden fácilmente el calor de la radiación, y otras que lo conservan. Esto depende en gran parte de la naturaleza de su superficie, pudiendo decirse que, por regla general, las superficies mate absorben ese calor con más facilidad que las superficies brillantes.

### POR QUÉ NO PUEDEN LOS CUERPOS DESPEDIR CALOR MÁS QUE CUANDO LAS COSAS QUE LES RODEAN ESTÁN FRÍAS

Cuando decimos que un cuerpo irradia calor, es en el supuesto de que el estado de los objetos que lo rodean le ponen en condiciones de que se efectúe esa irradiación, lo cual depende principalmente de la temperatura de dichos objetos. Un cuerpo no puede irradiar calor más que cuando las cosas que le rodean se hallan a una temperatura inferior a la suya; si estuviesen más calientes, no les comunicaría calor, sino que ellas se lo comunicarían a él. Por regla general, la rapidez con que un cuerpo despide radiaciones caloríficas será tanto mayor, cuanto mayor sea la diferencia entre su temperatura y la del ambiente o la de los cuerpos que le rodean.

Conviene no perder de vista el hecho de que de la nada no puede sacarse cosa alguna. El calor de radiación consiste, según sabemos, en una forma de la energía o movimiento del éter, y viene a ser una especie de potencia o de fuerza. Si hay algo que lo produzca, este algo sufrirá pérdidas proporcionadas a la fuerza irradiada; todo cuerpo que despide radiaciones caloríficas tenderá, pues, a enfriarse, y si no se le ofrecen nuevas fuentes de energía, acabará por llegar un momento en que su temperatura sea la misma que la de los objetos que le rodean, quedando agotada entonces su facultad de irradiar.

Estos hechos son de suma importancia en lo que se refiere a la astronomía. Cuando estudiamos los distintos astros que componen el sistema planetario, nos damos cuenta de lo muy importantes que son las leyes de la radiación. La luna no ha podido conservar su atmósfera a causa de su reducido tamaño.

### LOS CAMBIOS RÁPIDOS DE TEMPERATURA QUE EXPERIMENTA LA LUNA

La superfice sólida de la luna está desnuda y expuesta al calor solar, de modo que cuando da el sol en una parte cualquiera de ella, esta parte se pone muy caliente. Pero cuando está vuelta del lado opuesto al sol, empieza a despedir al espacio todo el calor recibido, con lo cual no ha de tardar en ponerse sumamente fría. Es decir, el hecho de que la luna esté desprovista de atmósfera, significa que su superfice sufre constantemente cambios rápidos de temperatura. No es presumible que la vida pueda desarrollarse en estas condiciones; y si es verdad que en la luna haya vestigios de vegetación,

esta vida vegetal debe de estar protegida contra las variaciones de la temperatura en el fondo de valles umbríos donde acaso queden todavía algunos restos de atmósfera.

Veamos ahora lo que ocurre en la tierra. Como los demás astros del universo, la tierra irradia calor al espacio; la cuestión es averiguar hasta qué punto puede influir la atmósfera en la intensidad de dicha irradiación. Sabemos que esa atmósfera se compone principalmente de dos gases: el oxígeno y el nitrógeno o ázoe, en la proporción de una parte del primero por cuatro del segundo.

Se ha comprobado que estos dos gases son muy transparentes para el calor de radiación; de manera que, en cuanto se refiere a ellos, la superfice de la tierra está casi tan expuesta al ardor de los rayos del sol como lo está la superficie de la luna, pudiendo por otra parte, despedir durante la noche el calor acumulado de día, poca más o menos con la misma facilidad que el satélite.

## DE QUÉ MODO EL VAPOR DE AGUA CONTENIDO EN LA ATMÓSFERA NOS PROTEGE CONTRA LOS RAYOS DEL SOL

Existe en el aire un elemento de suma importancia, que todavía no hemos tomado en cuenta, y es el agua en estado gaseoso, o sea, el vapor de agua, que siempre está presente en la atmósfera en mayor o menor cantidad. Ya hemos visto que el agua líquida es muy opaca para las radiaciones del calor, y lo mismo puede decirse del agua en todas sus distintas formas. El agua gaseosa contenida en nuestra atmósfera viene a ser, por tanto, entre otras cosas, una especie de velo que nos resguarda, afortunadamente, de los rayos caloríficos del sol, y asimismo un obstáculo que se opone a la irradiación del calor por parte de la tierra, tanto del suyo propio como del que recibe contantemente del sol. Esta influencia del vapor de agua contenido en la atmósfera es un servicio de los más señalados que el agua presta a la vida.

Apliquemos estos hechos a Marte. Las variaciones y la cantidad del calor en la superficie de este planeta han de depender, en gran parte, de su atmósfera y de los gases que la componen. Después de muchos años de estudios y de dudas hemos averiguado de un modo cierto, no sólo que Marte tiene atmósfera, pues esto era ya sabido, sino que en esa atmósfera hay vapor de agua. Por consiguiente, de igual modo que en la tierra, aunque en grado menor, por no ser tanta la cantidad existente, ese vapor de agua intercepta el calor del sol y debe influir en la cantidad de calor perdida por radiación en la superficie de Marte. Todo eso está relacionado con un problema de los más interesantes que hay en el mundo: el de la existencia de la vida, y particularmente de seres racionales, en aquel planeta.

La luna, la tierra y Marte, como el propio sol, y como todos los demás cuerpos pequeños o grandes que están más calientes que lo que les rodea, pierden constantemente calor por medio de la radiación; y según ya hemos observado varías veces, la rapidez con que un cuerpo se enfría por radiación depende, en gran parte, de sus dimensiones. Tratándose únicamente de objetos redondos, cuanto mayor sea su tamaño, mayor será la cantidad de materia que contengan en proporción a su superficie, y por consiguiente tanto menor la rapidez con que se enfríen. Gracias a esta sencilla ley de radiación, nos explicamos fácilmente por qué el inmenso globo solar está muchísimo más caliente que Júpiter; Júpiter lo está más que la tierra; la tierra más que Marte, y este último, a su vez, más que la luna, a pesar de que en un principio la materia de que se componen esos cuerpos diversos se hallara toda a la misma temperatura.

## EL RADIO Y OTROS ELEMENTOS QUE DESPIDEN CALOR SIN QUE ARDAN

Un descubrimiento de los más asombrosos que se han hecho últimamente, es el de que existen ciertos elementos que despiden continuamente radiaciones caloríficas, a pesar de que no arden, ni reciben calor externo, ni par-

tiendo de un estado de calentamiento intenso sufren enfriamiento alguno. El más conocido de esos elementos es el *radio*, pero el número de ellos es bastante grande y todos están relacionados de un modo bien definido, siendo el radio tan sólo uno de tantos de la serie. Estos elementos *radioactivos*, según suele decirse, poseen propiedades realmente maravillosas, algunas de las cuales hemos ya estudiado; entre las más notables se cita la de que constantemente están produciendo calor, que irradian en todas direcciones.

Por espacio de muchos años después del descubrimiento del radio, el problema planteado ante la ciencia fué el siguiente: ¿De dónde procede ese calor? Ciertos hombres insensatos, sin tomarse el trabajo de pensar y deseosos de denigrar a los que piensan y estudian la naturaleza, afirmaron que el radio anulaba la gran ley de conservación de la energía, según la cual, como ya sabemos, nada se crea ni se destruye, sino que todo se transforma. A juicio de ellos, quedaba demostrado que la antedicha ley, base hasta entonces de nuestro conocimiento del universo, era falsa, puesto que existía un elemento, el radio, que de día y de noche, producía y despedía, sin cesar un calor que, al parecer, no provenía de ninguna parte.

### UNA LEY DEL UNIVERSO QUE NO PUEDE TENER EXCEPCIONES

Ahora bien, es indudable que, si esto fuese así, aun tratándose tan sólo de ese caso, a pesar de que la cantidad de calor producido fuera extremadamente pequeña y aun cuando no hubiera en todo el universo más que la millonésima parte de un gramo de radio que produjese calor sin sacarlo de algo, no sería entonces cierta la ley de conservación de la energía, y cuantas teorías se fundan en ella carecerían de base.

Suele decirse que no hay regla sin excepción; pero esto es según y cómo. En un caso como ese, la menor excepción anularía la regla. O la ley de conservación de la energía es rigurosamente cierta, o es vana palabrería. Si pudiera demostrarse que una cantidad de calor o de otra cosa cualquiera, por insignificante que fuese, ha salido de la nada por la simple acción de algún agente o sustancia natural, deberíamos rechazar cuantas nociones hemos adquirido relativas al universo, sin que tuviéramos medio de substituirlas por otras.

Pero podemos prescindir de la oposición de esa gente sin criterio, cuyo único deseo era el de desacreditar la ciencia, pero que, como todos los que combaten la verdad, no logran sino perjudicarse a sí mismos; y, al preguntarnos de dónde procede ese calor, conviene tener presente que es preciso salga de alguna parte. Respecto de este punto fueron diversas las opiniones, hasta que se adquirieron más conocimientos.

### EL GRAN MISTERIO DEL RADIO, QUE LOS SABIOS PROCURARON DESCUBRIR

Un hombre muy célebre afirmó, y otros lo sostuvieron como él, en primer lugar, que el radio sacaba del aire, cuyos átomos se hallan en estado de constante agitación, una parte de la energía contenida en ellos, y afirmaba en segundo lugar, que el radio, en una forma o en otra, transformaba en radiaciones caloríficas la energía obtenida de ese modo. Pero esta teoría ha sido enteramente rechazada como todas las que consideraban al radio como una especie de transformador de energía, que absorbía radiaciones, ondas o movimiento externo para convertir en calor la energía desarrollada.

### UN DESCUBRIMIENTO QUE HA TRANSFORMADO NUESTRA NOCIÓN DEL CALOR

Ahora se ha demostrado que el radio tiene en sí mismo una fuente de calor: la descomposición de sus átomos, los cuales se subdividen en otros de distinta especie, que encierran menos energía, pues una parte de la contenida en los átomos del propio radio ha sido despedida en forma de calor en el acto de descomponerse dichos átomos. Nadie había sospechado hasta hace unos pocos años, que existiera semejante manantial de calor en la materia

del radio, y el descubrimiento es de los que hacen época en la historia del saber humano.

A los que han estudiado el asunto, no puede caberles duda de que, en un porvenir, acaso no muy remoto (si bien podría ser cuestión de varios siglos), la humanidad habrá encontrado el medio de extraer, por decirlo así, la energía que encierran esos átomos y de utilizarla como fuente de calor aplicable a la calefacción, a la producción de fuerza motriz o a otras formas cualesquiera de trabajo.

Antes de pasar a estudiar la relación entre el trabajo y el calor, conviene considerar otro ejemplo de radiación, que es de suma importancia para los que viven en penínsulas o en islas, y que habemos de tener presente en lo que se refiere a esta parte del asunto. Los hechos relativos al calor de radiación, en cuanto se refieren al mar, interesan a la vida diaria de los que viven junto a él. Estudiando todo lo relativo a los climas, se observa que hay, en general, dos grandes clases de ellos, los climas que reinan en el interior de los continentes, y los que prèvalecen en las islas. Los sabios les dan respectivamente el nombre de climas continentales y de climas insulares.

### POR QUÉ CAMBIAN DE UN MODO TAN GRADUAL LAS ESTACIONES EN LAS ISLAS

El clima inglés, por ejemplo, es insular, y como todos los demás climas insulares, debe sus características a la presencia del agua que rodea la tierra. Lo que distingue tales climas es la humedad, y el hecho de que la diferencia entre las varias estaciones del año es escasa y se manifiesta de un modo muy gradual si se compara con lo que ocurre en climas continentales. La palabra *templado* puede aplicarse a esa clase de climas en que los veranos no son muy calurosos ni los inviernos muy fríos, y no ocurren cambios bruscos al pasar de una estación a otra.

### LO QUE DEBEN LOS INGLESES AL AGUA QUE RODEA SUS ISLAS

Las ventajas de un clima insular son debidas al efecto producido en el agua por el sol, cuando éste calienta en verano la superficie del mar. Hemos visto que uno de los hechos más importantes relativos al agua es su opacidad para los rayos caloríficos, los cuales intercepta y cuyo calor absorbe. Esto es lo que ocurre en el mar. Como veremos más adelante, el agua es capaz de absorber fácilmente una cantidad enorme de calor, no sólo mediante las radiaciones despedidas por el sol, sino sacándolo del aire por medio de la conducción.

Así, pues, el mar se va calentando durante todo el verano, debido, por una parte, a las radiaciones que absorbe directamente su superficie y, por otra, al calor que le comunica la masa de aire que gravita sobre ella. Esto significa que el aire se enfría, y al enfriarse se desliza en dirección al interior de las tierras, por debajo del aire caliente que todavía no se ha enfriado, conforme a lo que era de prever.

Así es que, merced a la influencia del mar, los isleños disfrutan de un clima templado, hasta el extremo de que sólo pueden hacerse cargo cuando pasan el verano en un país cuyo clima es de distinta clase. En resumidas cuentas, viene a ser lo siguiente: en verano hay demasiado calor, y el mar absorbe el exceso de una manera gradual, evitando a los isleños que sientan sus efectos. Y eso no es todo. Nada se pierde, y por lo tanto hay que dar cuenta de las radiaciones que el mar ha absorbido durante el verano, así como del otro género de calor que le ha sido comunicado por el aire mediante la conducción. El resultado, en primer lugar, es que el mar se calienta más y más en el transcurso del verano.

### POR QUÉ ESTÁ MÁS CALIENTE EL MAR CUANDO LOS RAYOS DEL SOL HAN PERDIDO YA SU MÁXIMA POTENCIA

El mar se va calentando gradualmente desde fines de la primavera, y mientras tanto hace soportable la temperatura del verano; pero al paso que transcurre el otoño y principia la estación del invierno, el sol pierde gran

parte de su fuerza, dejándose sentir en otra forma distinta los efectos de las leyes del calor. Éste ha de propagarse de los cuerpos calientes a los fríos, sean cuales fueren los que lo están más o menos; y así como debía comunicarse del aire al mar, cuando aquél estaba más caliente, deberá ser después el mar el que se lo comunique a la atmósfera, por hallarse dicho mar a una temperatura más elevada.

De manera que, durante todo el invierno, pero particularmente a principios del mismo, el mar le va devolviendo al aire el calor que había almacenado en el transcurso del verano. El agua del mar se pone muy fría, mientras el aire se va calentando. Por consiguiente, si el verano no fué demasiado caluroso, el invierno no resulta excesivamente frío.

El mejor modo de hacernos cargo de lo que significa el estar rodeado de agua que absorba el calor de radiación es observar lo que ocurre en otras partes del mundo sometidos a condiciones climatológicas diferentes. Supongamos, por ejemplo, que las Islas Británicas quedaran donde están ahora, pero que, en lugar de agua, no hubiera alrededor de ellas más que extensos arenales. Si se efectuase esa modificación, no tardaría en transformarse por completo el aspecto del país. Dejaría de existir la Gran Bretaña, tal como la conocemos, siendo sustituída por otra que nadie reconocería. El calor del verano resultaría insoportable, a causa de la reflexión de las radiaciones caloríficas en el desierto de arena, y de que no habría nada que absorbiese y almacenase el calor de radiación procedente del sol.

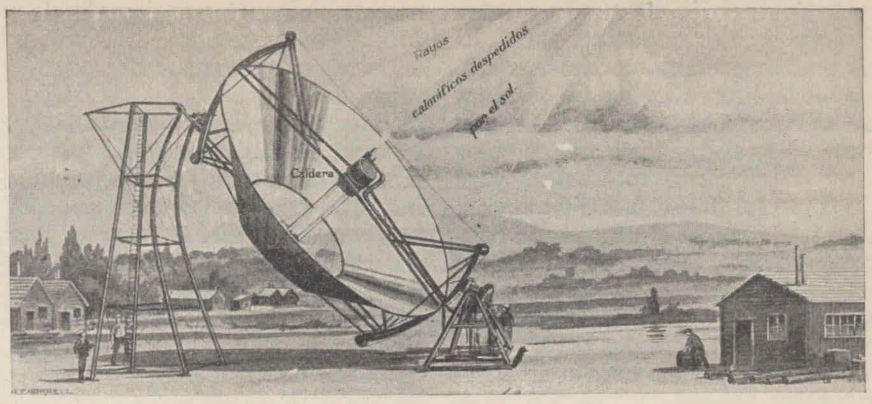


# EL RUISEÑOR Y EL MOCHUELO

Una noche de mayo,
Dentro de un bosque espeso,
Donde según reinaba
La triste obscuridad con el silencio,
Parece que tenía
Su habitación Morfeo
Cuando todo viviente
Disfrutaba de dulce y blando sueño,
Pendiente de una rama,
Un ruiseñor parlero
Empezó con sus ayes
A publicar sus dolorosos celos.
Después de mil querellas,
Que llegaron al cielo,
Á cantar empezaba
La antigua historia del infiel Teseo,
Cuando, sin saber cómo,
Un cazador mochuelo
Al músico arrebata
Entre las corvas uñas prisionero.
Jamás Pan con la flauta
Igualó sus gorgeos,
Ni resonó tan grata
La dulce lira del divino Orfeo:
No obstante, cuando daba
Sus últimos lamentos,
Los vecinos del bosque
Aplaudían su muerte: ya lo creo.
Si con sus serenatas
El mismo Farinelo
Viniese a despertarme
Mientras que yo dormía en blando lecho,
En lugar de los bravos,
Diría: « Caballero,
¡Que no viniese ahora
Para tal ruiseñor algún mochuelo! »

*Clori tiene mil gracias,*
*¿Y qué logra con eso?*
*Hacerse fastidiosa*
*Por no querer usarlas a su tiempo.*

SAMANIEGO.




Este grabado representa una máquina movida por los rayos del sol. Centenares de espejos van montados en un armazón que semeja una enorme pantalla vuelta del revés; las radiaciones caloríficas del sol son recogidas por los espejos y reflejadas hacia un gran tubo de vidrio que lleva en un extremo una caldera en la cual el calor convierte el agua en vapor.

# EL CALOR Y EL TRABAJO

SABEMOS que todo objeto caliente contiene cierta potencia que es posible utilizar. El caso más notable es el de la tapa de un puchero lleno de agua hirviendo, el cual, según dicen, dió tanto que pensar al famoso James Watt. El calor que se comunica al agua tiene la virtud de hacer mover la tapa. Ahora bien; si ese calor, aplicado en forma de vapor, posee la facultad de levantar la tapa de un puchero ¿no podrá acaso poner en movimiento cualquier objeto sujeto a una rueda? Cualquiera de las innumerables máquinas que funcionan en el mundo entero movidas por el calor nos dará la contestación.

Por otra parte, así como el calor puede efectuar trabajo, el trabajo puede desarrollar calor. Uno de los procedimientos que antes se usaban para encender fuego, consistía en frotar uno contra otro dos trozos de madera seca, lo cual produce calor suficiente para que salte una chispa. Cualquiera, asimismo, puede demostrar que el trabajo engendra calor, frotándose la mano en el vestido.

El trabajo realizado al frotar una cerilla la comunica calor, y por eso se enciende en cuanto está bastante caliente. En una palabra, la forma especial de movimiento, que llamamos calor, puede convertirse en otra clase cualquiera de movimiento, como el de una rueda o el de la tapa de un puchero; y lo que se llama movimiento mecánico ordinario puede transformarse en aquél género de movimiento conocido con el nombre de calor. Veamos de qué modo sencillo se formula este principio en el lenguaje científico. Masa, en latín, es *moles*, de lo cual está derivada la palabra *molécula*, que significa « masa pequeña ». Ahora bien; cuando se mueve una cosa que nuestra vista percibe, como una cerilla, una rueda o nuestra mano, puede decirse que se trata del movimiento de una masa. El calor, por el contrario, que consiste en el movimiento de las moléculas de un cuerpo, puede llamarse *movimiento molecular*. Diremos, pues, que el movimiento de masas, puede transformarse en molecular y recíprocamente; en otros términos: el trabajo puede convertirse en calor y el calor en trabajo.

Creemos que es de suma importancia el darse clara cuenta de ello. El calor y el trabajo parecen ser cosas de muy distinta naturaleza, si bien es verdad que podemos sacar trabajo del calor y producir calor por medio del trabajo. No existe, al parecer, razón alguna, por la cual debiera haber determinada relación entre la cantidad de calor origi-

nada y la del trabajo efectuado, o entre el trabajo y el calor que lo produce. El trabajo y el calor son, a primera vista, dos cosas tan diferentes que no debe ser posible compararlos exactamente uno con otro. Pero si consideramos el calor como un movimiento molecular, y el trabajo como un movimiento de masas, resultará natural que el uno pueda convertirse en el otro, así como el hecho de que exista una relación constante entre cierta cantidad de uno de esos movimientos y la cantidad del otro movimiento en que puede convertirse. Si esto no fuese así, se crearía o se destruiría alguna parte de esos movimientos, cosa, que, según sabemos, es del todo imposible.

Lo que acabamos de exponer constituye la base o fundamento de una ciencia muy grande e importante llamada *termodinámica*, lo cual viene a significar «fuerza del calor», y que trata de las relaciones que existen entre el calor y la fuerza. Esta ciencia no sólo se refiere a la construcción y funcionamiento de todas las máquinas ideadas por el hombre, sino también a la historia y suerte futura de esa eterna máquina viviente que llamamos universo.

### UNA LEY CIENTÍFICA QUE FUÉ COMPROBADA DESPUÉS DE HABER TRANSCURRIDO DOS MIL AÑOS

La ley de conservación de la energía ha sido establecida en tiempos modernos, mediante el estudio del calor y del trabajo. Los grandes filósofos que vivieron antes de la era cristiana ya sospecharon que era cierta la ley que llamamos principio de conservación de la energía; pero su exactitud no pudo ser demostrada hasta el siglo XIX después de Jesucristo, siendo necesario, para efectuar la comprobación, averiguar si es absolutamente fija o invariable la cantidad de trabajo que puede obtenerse de cierta cantidad de calor, desarrollada por una cantidad determinada de trabajo.

En tiempos más recientes todavía, nos hemos ido dando cuenta de por qué ha de ser así, ya que, en resumidas cuentas, lo que parecía tan misterioso, es sencillamente un ejemplo de transformación de una clase de movimiento en otra, que nosotros mismos efectuamos diariamente.

Hace algo más de sesenta años que un hombre célebre, llamado Joule, demostró, por medio de un experimento, que hay una cantidad determinada de trabajo correspondiente a cierta cantidad de calor; y empleamos ahora la letra «J», que es la primera de su nombre, para indicar esa cantidad invariable del trabajo que puede obtenerse de una cantidad determinada de calor. Dicha cantidad de calor es la necesaria para elevar de 0 a 1 grado centígrado la temperatura de un kilogramo de agua; y resulta que es equivalente al trabajo efectuado cuando se levanta un peso de 425 kilogramos a la altura de 1 metro, o un peso de 1 kilogramo a la altura de 425 metros. Lo que importa no es la cifra exacta, sino el hecho de que esa relación existe.

### DE QUÉ MODO PUEDE CONVERTIRSE EL CALOR EN TRABAJO Y EL TRABAJO EN CALOR

La primera ley de esta rama de la ciencia es, por tanto, que entre el calor y el trabajo existe una relación constante, y que el uno puede convertirse en el otro. Pero luego viene otra gran ley, según la cual, si bien no deja de ser cierta la primera, el calor sólo se comunica de un cuerpo a otro, cuando el primero se halla a una temperatura más alta que el segundo.

La primera ley viene a ser otra forma de la conservación de la energía, mientras la segunda nos dice que, aun cuando nunca se pierde energía, sólo podemos valernos de ella para efectuar un trabajo, si se cumplen ciertas condiciones. La energía puede existir sin que sea utilizable; y este principio se aplica a todo género de calor, en donde quiera que se halle, siempre que no pueda propagarse de un cuerpo caliente a otro más frío. Para poder utilizarlo en la práctica, como fuente de trabajo, no basta con que la energía no se pierda; es preciso, por decirlo así, que se halle a nuestro alcance.

Toda máquina se calienta al funcionar, y el calor producido se propaga al aire que la rodea. Nuestros cuerpos, que son máquinas vivientes—aunque son también algo más—pierden constantemente calor que comunican al ambiente, siendo regla general que otras formas de energía, tales como la energía química contenida en nuestros alimentos o en el combustible de una máquina cualquiera, tienden a convertirse en calor; y lo que conviene tener presente es que ese calor se va disipando, no siendo posible volverlc a utilizar.

### LA MÁQUINA QUE PRODUCE CALOR CUANDO QUISIÉRAMOS QUE PRODUJESE TRABAJO

Veamos, en primer lugar, de qué modo puede interesar este hecho a los ingenieros. Lo que viene a significar es que, cuando se construye y se usa una máquina, únicamente una parte de la energía gastada aparece en forma de trabajo, convirtiéndose el resto en calor. Este calor, por lo regular, no sólo es inútil, sino perjudicial, y requiere un sin fin de precauciones que han de tomarse para que la máquina no se ponga tan caliente que acabe por no poder funcionar. Interviene, además, la cuestión del gasto, pues hay que pagar todo el combustible consumido, mientras sólo una parte pequeña de la potencia que contenía es convertida en trabajo útil.

Sabido es que la humanidad está actualmente consumiendo su provisión de carbón con tremenda rapidez; no obstante, tan sólo utiliza en realidad menos de la décima parte de la energía contenida en la hulla, en donde, por decirlo así, fué almacenada por el sol. Lo restante se esparce por al aire en forma de calor, y no es aprovechado.

### LA ENERGÍA QUE SE CONSUME INÚTILMENTE EN EL MUNDO

Un fuego ordinario es tal vez la forma menos provechosa en que puede transformarse la energía, pero, por lo menos, el calor producido es, provisionalmente, de alguna utilidad. Ahora bien; si consideramos una máquina cualquiera de las que funcionan en el mundo entero, veremos que todas pueden estudiarse desde ese punto de vista. ¿Cuánta energía de la que se les comunica es convertida en trabajo, y cuánta se pierde en forma de calor? Podemos decir, sin temor a equivocarnos, que la décima parte de esa energía es aprovechada y que las nueve décimas partes restantes se pierden.

El que inventase una máquina capaz de convertir en trabajo toda la energía que le fuese comunicada, o siquiera la mitad, la tercera o la cuarta parte, no tardaría mucho en ser el hombre más rico de la tierra. El problema es tan importante, que en todas partes hay hombres que se esfuerzan por resolverlo. La palabra usada es «rendimiento», y lo que se trata de conseguir es un aumento que dé siquiera el uno por ciento, y acaso menos, en el rendimiento de las máquinas que son objeto de las experiencias, o sea, un aumento en la cantidad de trabajo que efectúan con relación al calor que producen y que se pierde sin provecho alguno.

### EL SECRETO DE LA POTENCIA DE LOS MÚSCULOS HUMANOS, QUE NADIE HA PODIDO DESCUBRIR

La máquina de mayor rendimiento que hay en el mundo es un músculo vivo, pero quedan por descubrir las causas de su eficacia. Los mismos músculos, sin embargo, no transforman en calor toda, ni siquiera la mitad, de la energía que se les suministra; el resto se convierte en calor, si bien este calor debe considerarse desde un punto de vista distinto del calor que,—pongamos por caso—. produce el motor de un automóvil, pues sirve para calentar el cuerpo y mantenerlo a la temperatura más propia para la vida. Debido, pues, tanto a su rendimiento en lo que se refiere al trabajo, como a su utilidad en lo tocante al calor producido, el músculo es muy superior a cualquier máquina que haya construído el hombre, y eso sin tener en cuenta su facultad de durar y de repararse a sí misma.

Pero, aunque este problema de la producción del calor en las máquinas tenga suma importancia práctica, es más importante aún desde otro punto de vista. No son sólo las máquinas las

que tienden a convertir la energía en calor que no puede *volver* a utilizarse, aunque así de pronto resulte útil, como la rueda de molino que no puede funcionar a impulsos del agua que ya ha pasado por ella; todas las transformaciones de energía que observamos, ofrecen, al parecer, la misma particularidad.

Casi todas las transformaciones químicas engendran calor, que se disipa y se pierde. Todos los géneros de movimiento, además del de las máquinas, se convierten, hasta cierto punto, en calor, por efecto del rozamiento, y también ese calor se disipa inútilmente. De modo que es preciso que nos formemos otro concepto con respecto al gran principio de conservación de la energía y que ha de tenerse presente junto con aquél, y es el de que, si bien el universo nunca pierde energía, nosotros, por decirlo así, podemos perderla con suma facilidad.

## EL CALOR QUE PARTE DEL SOL Y PRODUCE CONTINUAMENTE TRABAJO

Podemos clasificar las diversas clases de energía según la utilidad que tienen para nosotros, y al hacerlo así, nos daremos cuenta de que, en general, la energía tiende a *degradarse*—o sea, a pasar en el transcurso de sus transformaciones, de una clase más o menos útil a otra que no lo es tanto. La tendencia general de esos cambios sucesivos es acabar por reducir la energía a la clase inferior de todas: la del calor disipado, que no puede en modo alguno utilizarse. Ejemplo de energía en su forma más elevada es la energía del sol, el cual, desde luego está muchísimo más caliente que los cuerpos que le rodean. La transmisión del calor de este cuerpo caliente a otros que no lo están tanto, desarrolla trabajo, lo mismo que pudiera hacerlo el agua al bajar por una cuesta.

Bastará que consideremos un momento qué les ocurre a las radiaciones despedidas por el sol, para hacernos cargo de que, durante el trancurso de los varios cambios que sufre la potencia que contienen,—dentro nuestros cuerpos o en donde sea.—cierta cantidad se disipa en forma de calor; de manera que esa energía de orden más elevado se degrada rápidamente hasta convertirse en la de clase inferior. No sufrimos ni nos alarmamos de ello, porque llegan constantemente del sol nuevas provisiones de energía. Pero esta provisión, si bien durará muchísimo tiempo, no es ilimitada. Ahora que sabemos lo que significa la *degradación de la energía*, conviene que aprendamos el significado de otra palabra, que empleó por primera vez Lord Kelvin, hará cosa de medio siglo. Fué el primero en mencionar lo que desde entonces se ha conocido con el nombre de *disipación de la energía*. Cuando decimos, hablando de algún insensato, que ha « disipado » su fortuna, queremos decir que ha gastado, derrochándolo, todo el dinero que tenía, y esto es lo que debe entenderse por disipación de la energía.

## POR QUÉ NO PODRÁ CONSTRUIRSE NUNCA UNA MÁQUINA PERFECTA

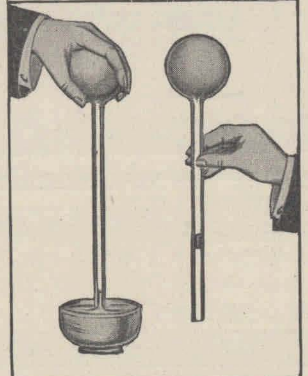
Hemos averiguado lo que ocurriría, si la fuerza de gravitación no estuviese contrarrestada, esto es, que toda la materia que contiene el universo se juntaría para formar un montón inmenso; asimismo podemos decir ahora que la energía del universo tiende constantemente a disiparse, esparramándose en forma de calor incapaz de efectuar trabajo alguno.

Si tuviésemos una máquina perfecta, sería posible hacerla funcionar al revés, lo mismo que al derecho, o sea, invertir su movimiento convirtiéndose el calor en trabajo o el trabajo en calor, sin que nunca se perdiese nada. Pero no existe semejante máquina y, según Lord Kelvin, el mismo universo no constituye una máquina perfecta, si le damos a la palabra el sentido antes indicado.

Manifiesta, efectivamente, una tendencia a funcionar en una sola dirección, es decir, a disipar su energía, reduciéndola a formas inferiores. Si, como parece, continúa en este sentido, las consecuencias habrán de ser tremendas, y nos hallaremos ante un resultado del mismo género que el que preveíamos al imaginar lo que ocurriría si no estuviese contrarrestada la fuerza de gravitación.

### EL AGOTAMIENTO DE LA ENERGÍA UNIVERSAL

Si es cierto el principio de disipación de la energía, y si encierra toda la verdad, significa que el universo se encamina a un estado de inacción comparable, en cierto modo, a la muerte. Subsistirían la materia y la energía, pero habrían perdido la facultad de ejercer cualquier trabajo. No sucedería nada; no habría vida ni movimiento alguno. Según ese concepto, nos representamos el universo como un inmenso reloj, al cual se ha dado cuerda para ponerlo en marcha. Puede que siga andando por largo tiempo, pero como todos los demás relojes, acabará por pararse. Y aquí surge de nuevo el concepto de un principio y de un fin en la historia del universo. De modo que si, por ejemplo, consideramos nuestro sistema solar, veremos que el hecho de que el calor se transmite del sol a las plantas y hace posible la vida en nuestro globo, es debido sencillamente a que, en la actualidad, lo que llamaríamos el nivel calorífico, o sea la temperatura del sol, es mas elevado que el de esos planetas.



Si se coge una ampolla de vidrio con la mano, el calor hará que se dilate el aire contenido en ella; pero al apartar un poco la mano, el aire se enfría, encogiéndose hasta cierto punto, de manera que una porción de agua es empujada hacia arriba del tubo. Si se aparta del todo la mano y se saca el tubo de la vasija, el aire contenido en la ampolla se enfría y contrae, siendo empujada hacia arriba por la presión atmosférica el agua en el interior del tubo.

Pero el esparcimiento y nivelación del calor contenido en el sol forzosamente habrá de terminar algún día, y con él llegarán a su término no sólo la vida, sino todos los fenómenos que ocurren en el sistema planetario y que dependen de dicha diferencia de nivel calorífico.

Según la teoría de disipación de la energía, el sistema solar y el universo entero, llegarán, por último, a un estado en que todas las demás formas de energía se habrán disipado, convirtiéndose en calor; y este calor se repartirá de una manera uniforme por toda la materia contenida en el universo. Así terminará, pues, su historia.

### DE QUÉ MODO PUEDE RENOVARSE LA ENERGÍA DEL UNIVERSO

Podemos introducir una ligera modificación en las palabras de un sabio, que resumió del modo siguiente lo que se opinaba a fines del siglo XIX acerca de la teoría de disipación de la energía. Esa propiedad notable, propia de todos los procesos que se desarrollan en la naturaleza, parece fundamentar nuestra creencia en un principio definido y hacernos vislumbrar la posibilidad de un fin, viniendo a llenar el intervalo que media entre ese principio y ese fin, o sea la historia de la naturaleza, la lenta e inevitable degradación, o agotamiento, de la inmensa reserva de energía, la cual pasa de un estado activo a un estado de inacción, o sea de inutilidad.

Pero al estudiar ahora este asunto, a principios del siglo XX, empezamos a ahondarlo y a comprenderlo mejor que lo hacía aquel sabio. Únicamente un grande hombre, entre los pensadores del siglo XIX, se negó a aceptar esa teoría de la disipación de la energía. A su juicio percibía con entera claridad la verdadera naturaleza de la materia y de la energía, y no podía admitir la antigua doctrina de una degradacion de la energía y de un fin, pareciéndole que eran incompletos los argumentos aducidos en favor de dicha doctrina. Afirmó que habían de ocurrir otros procesos, que si bien eran difícilmente perceptibles, no por eso dejaban de ser reales, los cuales, por decirlo así, servían para dar cuerda al reloj, mientras aquellos otros que podemos ver, tendían a agotar esa cuerda.

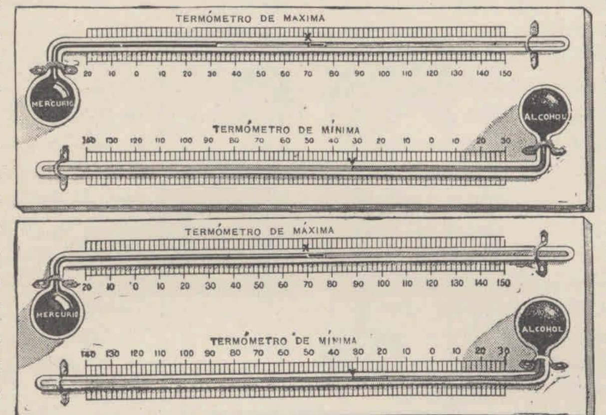
Este concepto de la conservación de la energía, considerada como verdad absoluta, ha sido gradualmente desechada durante el transcurso de los últimos

veinte años, por los que se dedican a tales estudios, empezando a hacerse justicia a la maravillosa sabiduría e intuicion de aquél pensador en lo tocante a éste como a otros particulares, debido al descubrimiento de otros procesos que ocurren, o pueden ocurrir, en el seno del universo, y que nos mueven a creer que este universo es, entre otras muchas cosas, una máquina cuyo funcionamiento es perfecto y que tal vez prolongue indefinidamente su existencia pasando por sucesivas transformaciones.

Cuanto más ahondamos el problema, mayor es nuestro convencimiento de que su solución ha de ser parecida a la que indicamos tratándose de los resultados producidos por la gravitación. Observamos en ese caso que un proceso que, al parecer, se desarrolla en una sola dirección, y debiera tener principio y fin, no representa más que una parte de lo que ocurre en realidad; y al sernos revelada la otra parte, como, por ejemplo, cuando estudiamos aquella fuerza llamada impulso de radiación, hallamos razones para convencernos de que el universo es capaz de subsistir sin termino ni fin.

Empezamos asimismo a descubrir ciertos procesos que se desarrollan en otras direcciones y que nos mueven a creer, como lo han creído siempre los más grandes sabios, que el universo durará siempre.

Sabemos ya lo bastante para comprender cuán importante es la cuestión de la temperatura, entendiéndose por esta palabra el nivel calorífico. A las diferencias de la temperatura es a lo que le debe el calor su facultad de efectuar trabajo; dichas diferencias significan que el calor puede propagarse de un cuerpo a otro, y al hacerlo puede ser utilizado. Ahora bien; ¿en qué consiste exactamente la temperatura? ¿Y qué debe, en realidad, entenderse por esa palabra? Tal vez se nos ocurra contestar, de primera intención, que la temperatura de un cuerpo es la cantidad de calor que contiene; pero no tardamos en darnos cuenta de que estamos equivocados. Es cierto que, si añadimos calor a un objeto determinado, este objeto se calentará, y la elevación de temperatura observada en este caso, significa, efectivamente, que el objeto contiene más calor.




Estos grabados representan termómetros de máxima y de mínima, que sirven para registrar las temperaturas más altas y más bajas alcanzadas en un tiempo determinado. En la lámina de arriba el termómetro de mínima se halla a 32 grados Fahrenheit—o sea 0° centígrado—que es la temperatura más baja alcanzada durante una noche. El alcohol ha empujado el índice V hasta ese punto, dejándolo allí al subir la temperatura, según indica el grabado de abajo. En el termómetro de máxima del grabado inferior, el mercurio se halla a la temperatura más alta alcanzada durante un día; ha empujado el índice X hasta un punto de la escala correspondiente a 70 grados (o sea 21° centígrado), y al bajar la temperatura y contraerse como en el grabado superior, el índice se queda a 70°. Los índices señalan, pues, las temperaturas más altas y más bajas alcanzadas durante un tiempo *determinado.*

Pero, aunque tomemos una substancia dada, como el agua, observaremos que para elevar en un grado la temperatura de una cantidad determinada de dicha substancia, se necesitará más o menos calor, según el punto de la escala termométrica que corresponda a la temperatura de la substancia, cuando empezamos a calentarla. Por otra parte, hay más calor en una cantidad grande de agua fría que en un poco de agua más caliente, de manera que tampoco en este caso puede decirse que la temperatura represente la cantidad de calor contenido en un cuerpo dado. Hemos de considerar la temperatura como algo

parecido al nivel del agua. Una porción de agua, por pequeña que sea, al caer en un lago desde grande altura, contiene cierta cosa de la cual carece el agua del lago. Por ejemplo, podrá hacer dar vueltas a una rueda. Pues bien; la temperatura es como el nivel del agua y nada tiene que ver, de por sí, con la cantidad de calor, del mismo modo que el mero volumen del agua no determina su potencia. La más débil cascada encierra cierta potencia que corresponde a su altura y que le permite realizar trabajo. Asimismo la temperatura de un cuerpo puede compararse a la altura de que cae la cascada; y en igualdad de condiciones, cuanto más alta es la temperatura, mayor será la cantidad de trabajo que el cuerpo podrá efectuar al enfriarse.

La palabra *termómetro* significa, en realidad, «medidor de calor», pero ahora nos podemos ya hacer cargo de que, si bien se le da ese nombre, el termómetro no sirve para medir el calor, sino el nivel calorífico. Si tenemos presente el agua que cae en un lago, veremos desde luego en qué consiste la diferencia. El termómetro corresponde a un instrumento que nos indicase la altura desde la cual cae el agua, sin darnos indicación alguna acerca de la cantidad del líquido de que se trata. El termómetro no nos indica la cantidad de calor, sino tan sólo el nivel calorífico.

El primer termómetro fué construído por Galileo hace algo más de trescientos años. Era un termómetro de aire — o sea, un tubo de vidrio con un extremo en forma de ampolla o bola; este tubo se calentaba, invirtiéndose luego en una vasija llena de agua. Al enfriarse el aire caliente contenido dentro de la bola, el agua se elevaba en el interior del tubo.

El aire contenido en la bola ocupaba tanto más espacio cuanto más caliente estaba, y el agua subía más o menos dentro del tubo. De manera, que la altura de la columna de agua ofrecía alguna indicación respecto de la temperatura del aire. Ahora bien; teniendo en cuenta lo que ya hemos aprendido, se verá, desde luego, que ese instrumento era un barómetro, además de ser un termómetro, ya que la subida del agua en el interior del tubo era en parte debida a la presión atmosférica.

En esta forma primitiva, el instrumento no resultaba, pues, muy útil, puesto que era imposible determinar hasta qué punto sus indicaciones correspondían a la presión o a la temperatura del aire. Lo que hacía falta era cerrar por completo el tubo después de calentarlo, de manera que la presión atmosférica no ejerciera acción alguna en su interior. Esto no se realizó hasta medio siglo después de los primeros trabajos de Galileo, empleándose entonces alcohol en lugar de agua. En 1670 se usó por primera vez mercurio.

Cuanto más caliente esté, más se dilatará y tanto mayor será el espacio que ocupa; cuanto más frío, por el contrario, menor será dicho espacio. El nivel del mercurio en el tubo nos indica, pues, su temperatura, que será más elevada cuanto más alto sea ese nivel. Obsérvese que esto es lo contrario de lo que ocurría en el termómetro de Galileo, ya que en aquél la columna de agua era tanto más alta, cuanto más frío estaba el aire contenido en el interior del tubo y de la bola. Queda por realizar la operación más difícil e importante en la construcción de un termómetro, pues falta que averigüemos qué altura de la columna de mercurio corresponde a una temperatura determinada. Para nada serviría un termómetro cuya graduación fuese defectuosa, sobre rodo tratándose de medir diferencias de temperatura muy pequeñas.

Esta observación se aplica particularmente a los termómetros que emplean los médicos para averiguar si está más o menos caliente la sangre de los enfermos, pues en tal caso las diferencias de temperatura son sumamente pequeñas, y es muy importante que los médicos no se equivoquen al medirlas. Actualmente, por lo tanto, se exige mucha habilidad y cuidado en la comprobación de todos los termómetros que no sean de la clase más barata.